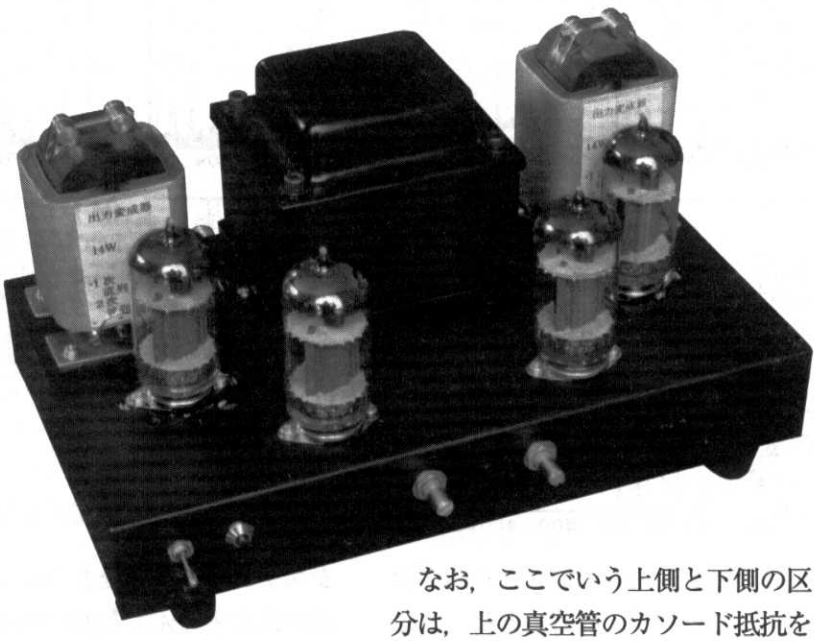
● SRPP アンプはどんな音がするか！

6EW7 SRPP アンプの試作

■ 塩田春樹 ■



SRPP に興味を持った理由

今月はシャント・レギュレーテッド・プッシュプル(SRPP)アンプのご紹介です.

昨年10月，京都市在住のさる高名なアンプ・ビルダーの方が主催されるLPコンサート兼自作アンプ試聴会に参加する機会を得たのですが，参加者が持ち込んだ多数のアンプの中に，主催者ご本人が製作された15KY8AのSRPPアンプがあり，筆者が標榜するCSPPとはまったく異なる傾向の音ではあったものの，そのすうっとストレスなく心に入り込んでくる音にある種の感銘を覚えました．長時間にわたって聴いたわけではありませんし，スピーカや試聴室などの試聴環境やその場の雰囲気の影響もあったのかもしれません．そこで，一度自分でもSRPPアンプを作ってどんな音になるのか試してみよう，というのが今回のきっかけです.

ここ何年かの本誌記事をパラパラと読み返してみましたが，真空管によるSRPPの記事は見当たりません．そこで，今回は本格的に製作するというよりは，SRPPアンプとはどんなアンプなのかという，筆者自身の勉強を兼ねて行った予備実験を中心に報告したいと思います.

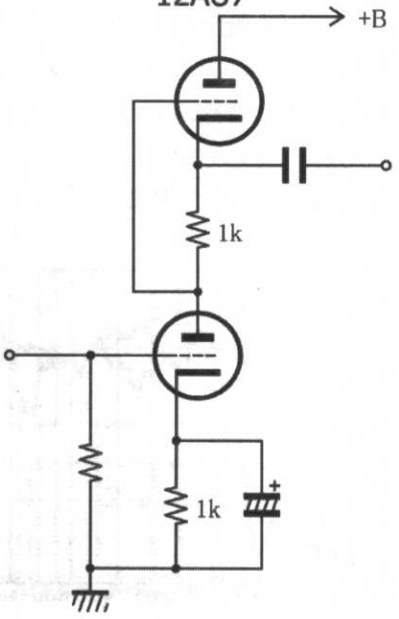
SRPP とは

第1図がSRPPの基本回路です．2つの3極管を上下に積み上げた形をしています．この動作原理はインターネット上にいくつか解説がありますが，信頼性が高い記事としては http：//ayumi.cava.jp/ の中の http：//ayumi.cava.jp/audio/pc-tube/node13.html と，http：//www.op316.com/tubes/tubes.htm の中の http：//www.op316.com/tubes/toy-box/srpprep2.htm が挙げられます．詳細解説はそちらに譲りますが，この回路の基本的な特徴は以下のとおりです.

1) 上側の真空管は真空管の形をした純固定抵抗であり（真空管抵抗と呼ぶ），その具体的な抵抗値は管種ごとにカソード抵抗値により一義的に決まる.
2) 増幅は下側の真空管により行われ，プレート負荷抵抗として上側の真空管が使われる.
3) 出力は上側真空管のカソード側から取り出され，極めて低インピーダンスである.

なお，ここでいう上側と下側の区分は，上の真空管のカソード抵抗を含む部分までが上側，それより下を下側と呼んでいます.

実はこのSRPP，回路名こそプッシュプルですが，プッシュプル状態はある限られた条件下でしか成立しないので，現実はふつうのシングル動作による増幅回路です．つまり，上下の管種は同じである必要はありません．下側に5極管を使うと高利



〈第1図〉SRPP の基本回路

では4本ですみます.

また，TV用の偏向出力管なら比較的低電圧での利用が可能となります．手持ちの中では15KY8A，6LU8(21LU8)，6EW7等が候補となりましたが，15KY8Aは京都の試聴会の二番煎じですし，6LU8はヒータ容量が手持ちのPTでは苦しいので，MT9ピン・ソケットでGT管並みの太さの3極複合管6EW7を選びました.

実は，この選択はよい選択でなかったことがのちほど判明します．さすがは先達で，15KY8Aの選択は賢明だったのです．正規のアンプは管種変更すべきかもしれないという状況ともなりましたが，実験ではこれしか選択の余地がなかったので，仕方ありません．しかし，そのお蔭でいくつかの知見を得ることができたのは不幸中の幸いでした.

第4図が出力段の動作設計です．負荷は本機には少々オーバースペックですが，手持ちの14W対応の800Ω：8Ωのマッチング・トランス(MT)を使いました．回路上はこれをカソードへ負荷していますが，動作としてはプレート負荷と同じですから，800Ωのロード・ラインを引きます．このロード・ラインの基点となるプレート電圧は電源電圧の約半分付近になりますが，自己バイアスですから，カソード抵抗によるカソード電位アップ分が差し引かれます.

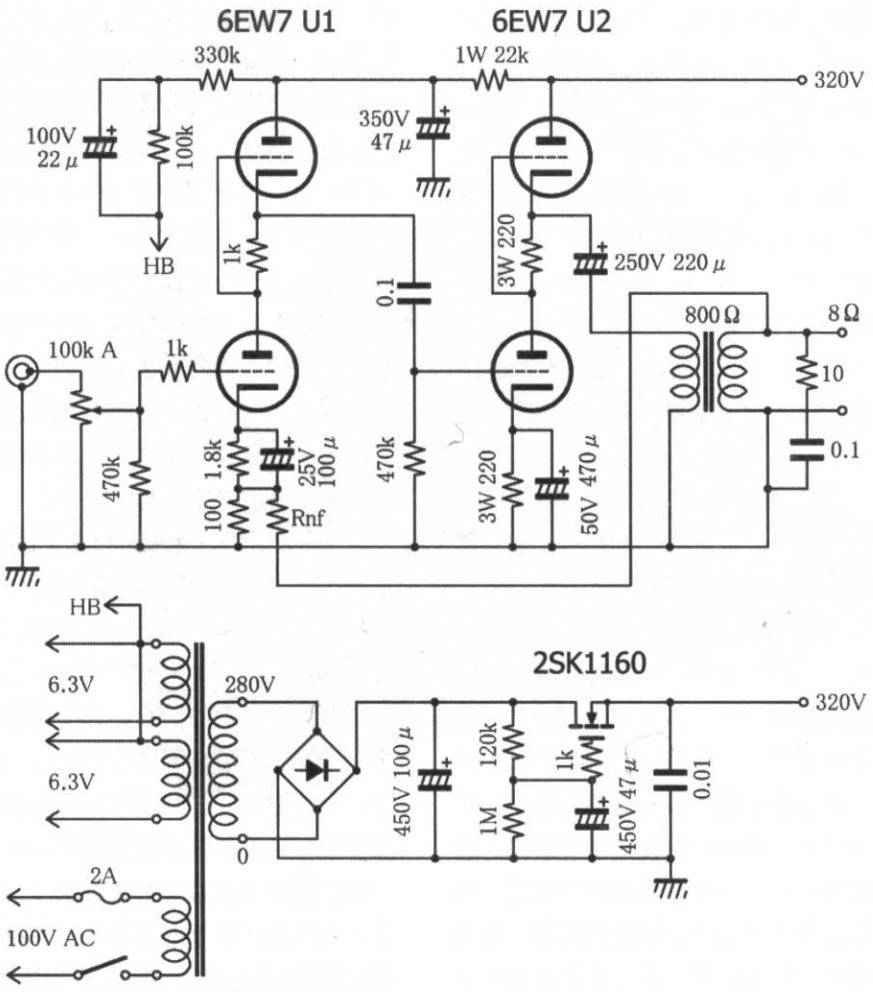
具体的には，まず上側の出力管の抵抗値を求めます．カソード抵抗を220Ωと置くと，グリッド電圧が−15Vになる電流値は68mA（=15V÷220Ω）ですから，特性グラフから−15Vのカーブ上の68mAの点のプレート電圧を見ると150Vと読めますので，抵抗値は2205Ω（=150V÷68mA）となります.

この状態で，たとえば60mAのプレート電流が流れるとすれば，下側の出力管のプレート電圧（対カソード電位）は161V（=320V−(220Ω+220Ω+2205Ω)×60mA）となります．ということで，ロード・ラインを160Vを基点に引いてみます.

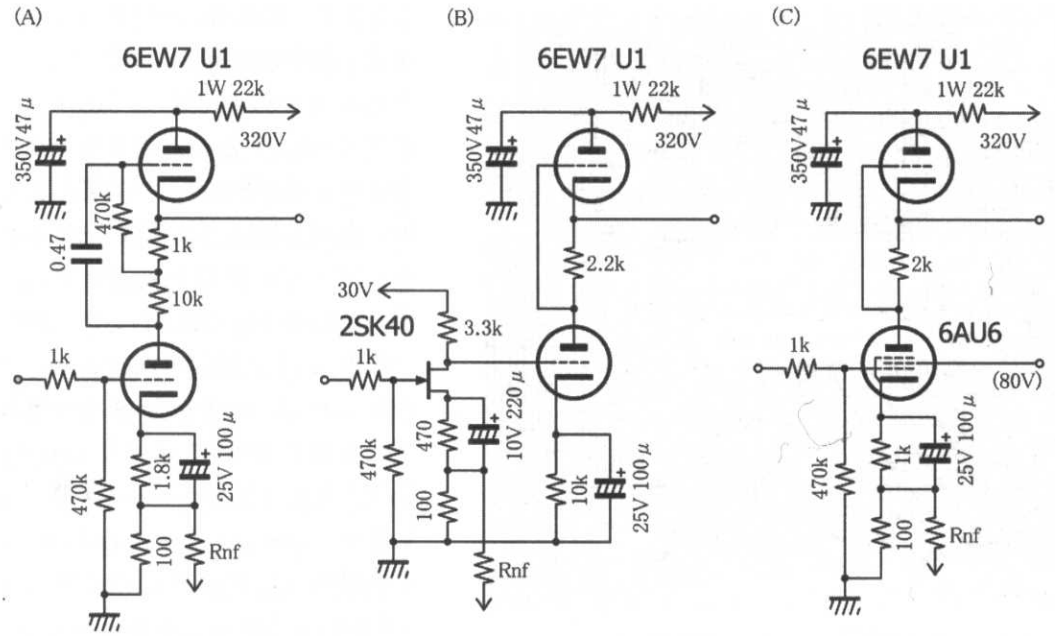
本機のように上下のカソード抵抗が同数値の場合はこのロード・ラインと真空管抵抗値を示すラインの交点が動作基準となりますが，振幅の中央値（A級動作の基準点であり，最大振幅の基準点でもある）とはかならずしも一致しません．必要に応じて動作基準がこの中央値となるように下側のカソード抵抗を変更するのですが，今回は中央値112.5V｛=(65V+160V)÷2｝が交点の115Vと大きく違わないので，カソード抵抗は変更していません.

ところで，この動作基準となる交点は115V・54mAでバイアス−12Vですから，無信号時のプレート電圧は177V（≒320V−12V×2−2205Ω×54mA）となって，基点とした160Vとは1割ほど違ってきています．真空管の個体差（バラツキ）や電源電圧の変動幅等を考慮すると実際にはもっと違ってくる場合も多々ありますから，この程度の違いは誤差範囲と割り切り，あえてロード・ラインの引き直しなどは行いません.

さて，このロード・ラインとグリッド電圧0Vとの交点（65V・110mA）から最大出力がMTの1次側で約5W（=(160−65)×0.11÷2）であるとわかり，同時に出力段の利得が約4（このロード・ライン上においてグリッド電圧が−5Vから−15Vと10V変化すると，プレート電圧は90Vから130Vへと40V



〈第3図〉6EW7SRPP試作アンプの全回路図



〈第6図〉
SRPP回路の利得増大策．実験機としては増幅段を追加した(B)をテストしてみた

また，出力段も4.2倍と，これも設計値をわずか(5%)上回りましたので，初段の必要利得は50倍から45倍へとなりましたが，所詮五十歩百歩です．

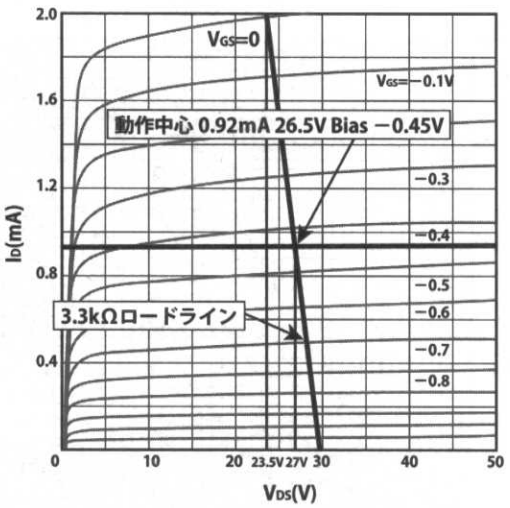
そこで，利得増大策を講じることとなりますが，大きくは3つの対策が考えられます．

(1) **第6図** (A) のように上側を海外のSRPPではよく見られる「μフォロワー」に変更する．
(2) **第6図** (B) のように初段の前に簡単な前置アンプを追加する．
(3) **第6図** (C) のように下側を5極管（またはパワーMOS・FET）に置き換える．

利得という点でいちばん効果が大きいのは **(C)** で，うまくすれば150倍以上も可能ですが，現状を活かす限りあまりにも利得過剰です．しかも，下側の3極管部を使わずに5極管を追加するのは少々芸がありませんし，目立たないようFETを使うにしても500V以上の高耐圧のものが必要ですから，パワーMOS・FETとなりますが，高域の周波数特性に影響する入力容量の小さいものが見当たりません．50V級のFETに高耐圧トランジスタをカスコード接続して使う手もありますが，回路が複雑化します．この回路は設計次第では500倍以上の利得が可能なおもしろい回路なので，いつものCasComp回路に代わるものとして別の機会に試すことにし，今回はパスします．

(A) のμフォロワ(u FL)案は回路図からもおわかりのとおり，現状に抵抗2本，コンデンサ1個を追加すればすみますから改造は楽なので，一応どんな結果になるかは試してみることにします．ただし，どんなに頑張っても3極管の場合は本来のμ以上の利得は得られないことは覚悟の上です．NFBはこの利得増加分だけしかかけられません．

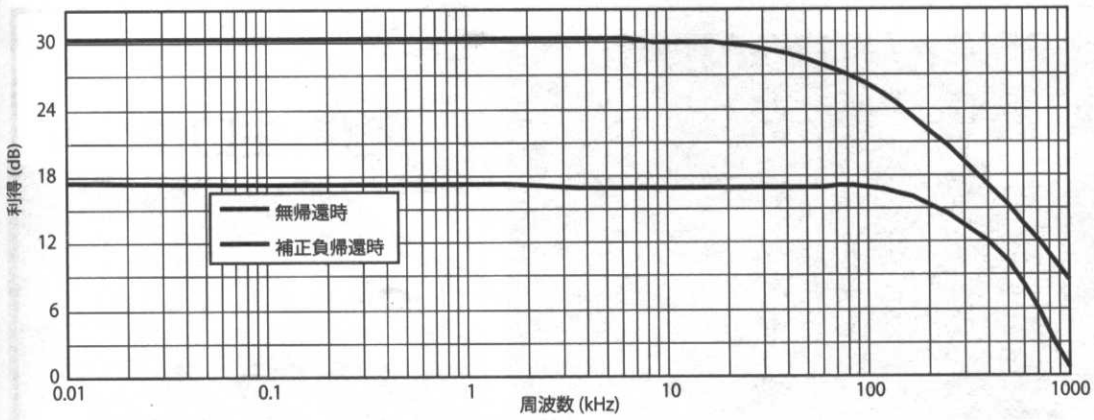
(B) の前置アンプ(FET)案は，ある意味，最も芸のない対策ですが，電源を巧く確保してJ-FETを使えばコンパクトですし，利得も基本的に負荷抵抗を変化させればかなり融通が利きます．ただ，ふつうのシングル動作ではひずみ率がどの程度になるか若干の不安がありますから，u FL案と並行して試してみることにします．使うJ-FETはすでに廃版となってしまった手持ちの2SK40です（秋葉原のW通商では手に入るようです）．



〈第7図〉FET増幅段の動作設定

第7図がこの動作設計です．FETはスクリーン・グリッドとヒータのない5極管ですから，設計は楽です．とはいえ，ふつうに設計すると25倍程度の利得になりますから，初段トータルでは350倍以上にもなります．これでは話になりませんから，せめて4～5倍程度に抑えねばなりません．

少々変則的ですが，負荷抵抗を3.3kΩと低くしてなんとか対応します．作図からの利得は約7倍です．これでも大きいのですが，やむを得



〈第12図〉
FET増幅段つきの周波数特性．ケインが大きすぎるためNFBを約13dBくらいかけている

た耳には片側からだけしか出ない音は貧弱に聴こえ，比較どころではないというのも大きな要因ではあります．ということから，左右比較は諦め，ステレオで音出しをしてみました．

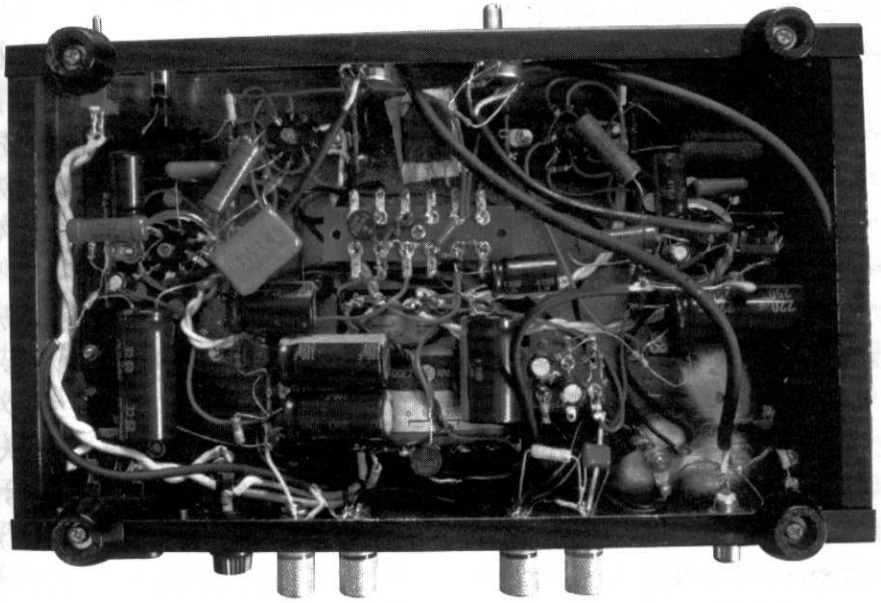
「音」に関しては，心にすうっと入ってくるという音とは少し違うのかもしれませんが，どこか京都で聴いた音に通じる，気持ちのいい音です．これって，多分シングル・アンプの音なんですね．6EW7はCSPPでは期待が大きかったせいか，ありふれたふつうの音に拍子抜けしたものですが，シングル・アンプでは出力管6EW7の個性が出るのでしょうか，なかなかコクとキレのある，しかし，押し付けがましくない素直な音を聴かせます．これはこれで，それなりの存在感があります．

6082の再設計型池田式ゼロ・バイアスOTLアンプ（2012年9月号）もシングルでしたが，音はなかなかのものでしたから，シングル・アンプには熱烈なファンがおられることがなんとなくわかる気がします．この音が，ほんとうに出力管の音なのか，はたまたSRPPという回路に支配された音なのかは残念ながら今回の1例だけでは結論付けできませんが，少なくとも，SRPP回路ががっかりさせる音を出すものではないことがわかりましたし，物理特性も十分とわかったわけですから，キチンと全段SRPPアンプを作ってみようという意欲が湧いてきた次第です．

ただ，SRPPの電圧増幅としての機能はいざしらず，電力増幅としての機能については，たとえば同じ6EW7を4本使った場合，全段差動PPでは出力7W（2012年8月号），マッキントッシュ型CSPPでは出力10W（2012年4月号）と2～3倍の出力が得られ，ダンピング・ファクタはそれぞれ10と変わりませんから，低インピーダンスのOPTが使えるということ以外に回路的にはかならずしも優れているとはいいがたいものがあります．

となると，あえて電力増幅にSRPPを使う理由はなんでしょう．一般的にはCSPPが圧倒的に優れた音と確信するものの，少なくとも6EW7の場合ではSRPPに差動PPやCSPPでは得られなかった「音」がありましたから，6EW7以外でもふつうのPPや，もちろんふつうのシングル・アンプでは得られない「違った音」が得られるような予感がするのです．好奇心は合理性を超えますね．やはりCSPPの優位性を証明するだけになるかもしれないと思いつつも．

シングル・アンプは出力管の個性が色濃く出るといわれますから，管種選定には迷います．複合管なら好きな6LU8でしょうか．でも初段に6AN8，出力段には6CW5をネイティブ動作にした全段SRPPなんてのはどうでしょうか．見たことがありませんね．いまからワクワクします．



●試作アンプのシャーシ内配線